

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Víceúčelový chladič Ar

Multipurpose Ar-Cooler

Student:

Radim Berger, DiS

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Radim Berger, DiS**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení
Téma: **Víceúčelový chladič Ar**
Multipurpose Ar-Cooler

Zásady pro vypracování:

Pro potřebu laboratoří VŠB-TUO navrhnete chladič Ar. Při návrhu chladiče vycházejte ze stávajícího provedení zařízení. Pozornost zaměřte na možnost víceúčelového provedení chladiče. Průtok Ar chladičem předpokládejte na úrovni cca 32 litrů normálních za minutu a teplotu Ar na vstupu do chladiče cca 350 stupňů C .

Proveďte :

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.

2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.

3. Výrobní výkresovou dokumentaci chladiče.

Rozsah výtahu z rešerše z Bakalářského projektu v textové části práce cca 5str., rozsah výkresové části min. 1A0

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka*. Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-90 1135-0-8

Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. FS_SME_05_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Bakalářského projektu

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 17.02.2014

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopísečné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny podklady a literaturu

V Ostravě 19.5.2014

..... Berger Radim
podpis studenta

Prohlašuji že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby.

V Ostravě:

19.5.2014

Berger Radim

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Radim Berger, DiS

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Nerudova
742 83 Klimkovice

154

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Berger, R. Víceúčelový chladič Ar. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2014, 40 s. Bakalářská práce, vedoucí práce Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem multifunkčního chladicího zařízení pro laboratorní plazmovou pec. V úvodu práce je teoretická rešerše věnována použitým materiálům. Následující část rešerše popisuje různé typy stávajících chladících zařízení podle konstrukce. Další část je technická zpráva složená z upřesňujících požadavků ve formě požadavkového listu, funkční struktury, morfologické matice, orgánové struktury a stavební struktury. Závěrečná část bakalářské práce je věnována výpočtům. Důraz je kladen na minimalizaci rozměrů chladicího zařízení.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

Berger, R. Multipurpose Ar-Cooler. Ostrava: Bachelor Thesis. VŠB - Technical University of Ostrava. 40 pages Thesis head: Ing. Noga Zdeněk, CSc.

The bachelor thesis is focused on engineering design of multifunction cooling plant for laboratory plasma furnace. The introduction of thesis is a theoretical background researching inscription of used material. The following parts of research describe different types of existing cooling plants by construction. Next part is a technical report consist of specified requirements in the form of requirements leaf, the functional structure, morphological matrix, organ and building structures. Final part of the bachelor thesis is a calculation research emphasized on minimazing construction dimensions cooling plant.

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Literární rešerše.....	12
2.1. Tepelné výměníky	12
2.2. Druhy toků výměníků typu trubka v trubce	16
Souproud	16
Protiproud	16
3. Konstrukční návrh	17
3.1. Upřesnění požadavků.....	17
3.2. Požadavkový list.....	17
3.3. Seznam funkcí	17
3.4. Transformační proces	18
3.5. Model transformačního procesu.....	18
4. Funkční struktura	18
4.1. Blokové schéma	18
4.2. Hierarchický funkční strom	20
5. Orgánová struktura.....	20
6. Hrubá stavební struktura.....	22
7. Výpočet.....	23
7.1. Zadané a zvolené veličiny	23
7.2. Vlastnosti termodynamických veličin.....	23
7.3. Zvolené parametry	24
7.4. Výpočet chladičho výkonu, hmotnostních toků a rychlostí.....	24
7.5. Výpočet součinitele přestupu tepla vody.....	26
7.6. Výpočet součinitele přestupu tepla argonu	27
7.7. Výpočty teplot	29
7.8. Výpočet součinitele prostupu tepla.....	30
7.9. Výpočet potřebné délky chladiče	30
8. Výpočet tlakových ztrát	31

8.1.	Výpočet ztrát třením	31
8.2.	Výpočet místních ztrát.....	33
8.3.	Celkové ztráty	33
9.	Úplná stavební struktura	34
9.1.	Popis jednotlivých komponentů.....	34
9.2.	Technická specifikace	35
10.	Závěr	36
11.	Seznam použité Literatura	37
	Knihy a časopisy.....	37
	Internetové zdroje	37
12.	Seznam obrázků	39
13.	Seznam tabulek	39
14.	Seznam příloh	40
15.	Seznam příloh výkresové dokumentace	40
	Přílohy.....	41
	Příloha A	41
	Rychlospojka s vnějším závitem G.....	41
	Příloha B.....	42
	Hadice na vodu	42
	Příloha C.....	43
	Hadice na technické plyny	43
	Příloha D	44
	Evge – Metrické TN 126 A-M.....	44
	Příloha E.....	45
	EPDM pryž	45
	Příloha F.....	46
	Měděné potrubí	46

Seznam použitých značek a symbolů

Symbol	Název	Jednotka
L	Délka výměníku	[m]
m_{Ar}	Množství argonu	[kg*s ⁻¹]
m_v	Potřebné množství vody pro ochlazení	[kg*s ⁻¹]
n	Počet trubic chladiče	[ks]
Nu_{Ar}	Nuseltovo kritérium pro argon	[-]
Nu_v	Nuseltovo kritérium pro vodu	[-]
Pr	Prandtlovo číslo	[-]
Q	Chladicí výkon chladiče	[W]
Re_{Ar}	Reynoldsovo kritérium pro argon	[-]
Re_v	Reynoldsovo kritérium pro vodu	[-]
S	Potřebná teplosměnná plocha	[m ²]
V_{ar}	Množství plynu	[l*min ⁻¹]
V_{sAr}	Množství plynu za reálných podmínek	[m ³ *s ⁻¹]
V_v	Objemový tok vody	[m ³ *s ⁻¹]
Cp_{Ar}	Tepelná kapacita argonu	[kJ*kg ⁻¹ K ⁻¹]
Cp_v	Tepelná kapacita vody	[kJ*kg ⁻¹ K ⁻¹]
Cp_{Cu}	Tepelná kapacita mědi	[kJ*kg ⁻¹ K ⁻¹]
d_h	Hydraulický průměr	[m]
d_1	Vnitřní průměr chladiče	[m]
d_2	Vnější průměr vnitřní trubky	[m]
d_{t1}	Vnější průměr měděné trubky	[m]
d_{t2}	Vnitřní průměr měděné trubky	[m]
k	Součinitel přestupu tepla	[W*m ⁻² K ⁻¹]
k_1	Výpočet prostupu tepla	[W*m ⁻² K ⁻¹]
t_t	Tloušťka stěny měděné trubky	[m]
t_{Ar1}	Vstupní teplota argonu	[°C]
t_{Ar2}	Výstupní teplota argonu	[°C]
t_{v1}	Vstupní teplota vody	[°C]
t_{v2}	Výstupní teplota vody	[°C]
t_{v2}	Střední teplota argonu	[°C]
t_{v2}	Střední teplota vody	[°C]
w_{Ar}	Rychlost proudění argonu	[m*s ⁻¹]
w_v	Rychlost proudění vody	[m*s ⁻¹]
α_{Ar}	Výsledný teplotní součinitel na straně argonu	[W*m ⁻² K ⁻¹]
α_v	Výsledný teplotní součinitel na straně vody	[W*m ⁻² K ⁻¹]

Δp	Celkové tlakové ztráty	[Pa]
$\Delta p_{z\ m}$	Tlaková ztráta třením	[Pa]
$\Delta p_{z\ tř}$	Místní tlaková ztráta	[Pa]
λ	Součinitel tření u tlakových ztrát	[-]
λ_{Ar}	Součinitel tepelné vodivosti argonu	[W*m ⁻¹ *K ⁻¹]
λ_{Cu}	Součinitel tepelné vodivosti mědi	[W*m ⁻¹ *K ⁻¹]
λ_v	Součinitel tepelné vodivosti vody	[W*m ⁻¹ *K ⁻¹]
ρ_{Ar}	Měrná hustota argonu	[Kg*m ⁻³]
ρ_v	Měrná hustota vody	[Kg*m ⁻³]
η_{Ar}	Dynamická viskozita argonu	[Pa*s ⁻¹]
η_v	Dynamická viskozita vody	[Pa*s ⁻¹]
ν_{Ar}	Kinematická viskozita argonu	[Pa*s ⁻¹]
ν_v	Kinematická viskozita vody	[Pa*s ⁻¹]

1. Úvod

Úkolem této bakalářské práce je navrhnout víceúčelový chladič technického plynu Argonu pro potřebu laboratoří VŠB-TUO. Při návrhu chladiče bude vycházeno ze stávajícího provedení zařízení.

Pozornost při návrhu tohoto zařízení bude zaměřena na možnost víceúčelového provedení chladiče. Z toho vyplývá, že chladič má sloužit prvořadě ke chlazení technického plynu, který se používá jako ochranná atmosféra pece, a zároveň má být umožněno nahlížet přes průzor a tím sledovat tavící proces. Pozornost bude věnována minimalizaci zařízení, která bude podmíněna nutným chladícím výkonem a dostatečně velkým průzorem.

Chladič bude obsahovat otvory pro vstup a výstup jak chladícího média, tak technického plynu. Na výstupním otvoru bude umístěn teploměr a průtokoměr pro kontrolu výstupní teploty a měření průtoku. Na základě naměřených hodnot můžeme regulovat průtok u chladícího média.

Tyto měřicí zařízení budou napojeny na PC, kde se hodnoty z těchto zařízení budou ukládat a následně vyhodnocovat.

2. Literární rešerše

2.1. Tepelné výměníky

Tepelný výměník je zařízení, které slouží k výměně energie mezi soustavami a zajišťuje účinný přenos tepla z jednoho média na druhé. [1]

Tepelné výměníky se hojně využívají v mnoha oblastech techniky a jejich užití je napříč spektrem průmyslových odvětví. S tepelnými výměníky se můžeme setkat například v automobilním průmyslu jako chlazení spalovacího motoru, klimatizační jednotky, dále pak u domácích spotřebičů jako například chladničky nebo vytápění budov – radiátory, bojler na teplou vodu.

Podle pracovního média je můžeme rozdělit do dvou základních skupin, a to bez změny fáze a se změnou fáze. Kde změnu fáze rozumíme jako změnu skupenství látky (např.: kondenzace, odpaření). [1]

Rozlišujeme je i podle technické realizace výměny tepla. Jsou to:

Rekuperační výměníky tepla

Teplo se sdílí mezi dvěma proudícími tekutinami, které jsou odděleny pevnou přepážkou[2]

Regenerační výměníky tepla

Teplo se sdílí nepřímo, pomocí tělesa výměníku, který se vyplní látkou s vysokou tepelnou kapacitou, tato látka naakumuluje teplo ve výměníku a pak se přivede chladná látka (např. tekutina) která část naakumulovaného tepla odebere a tím se ohřeje. [2]

Směšovací výměník tepla

Teplejší a chladnější tekutina jsou v přímém kontaktu[2]

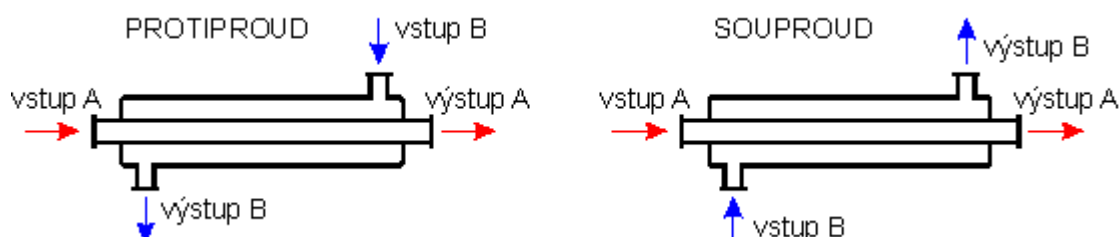
Dále je můžeme dělit podle konstrukce na několik typů, které rozepíšu níže.

Trubkový výměníky tepla

Trubkové výměníky tepla jsou velmi používané. Trubkové výměníky můžeme rozdělit do několika základních typů – trubka v trubce, svazkový výměník, trubková had. [2]

Trubka v trubce

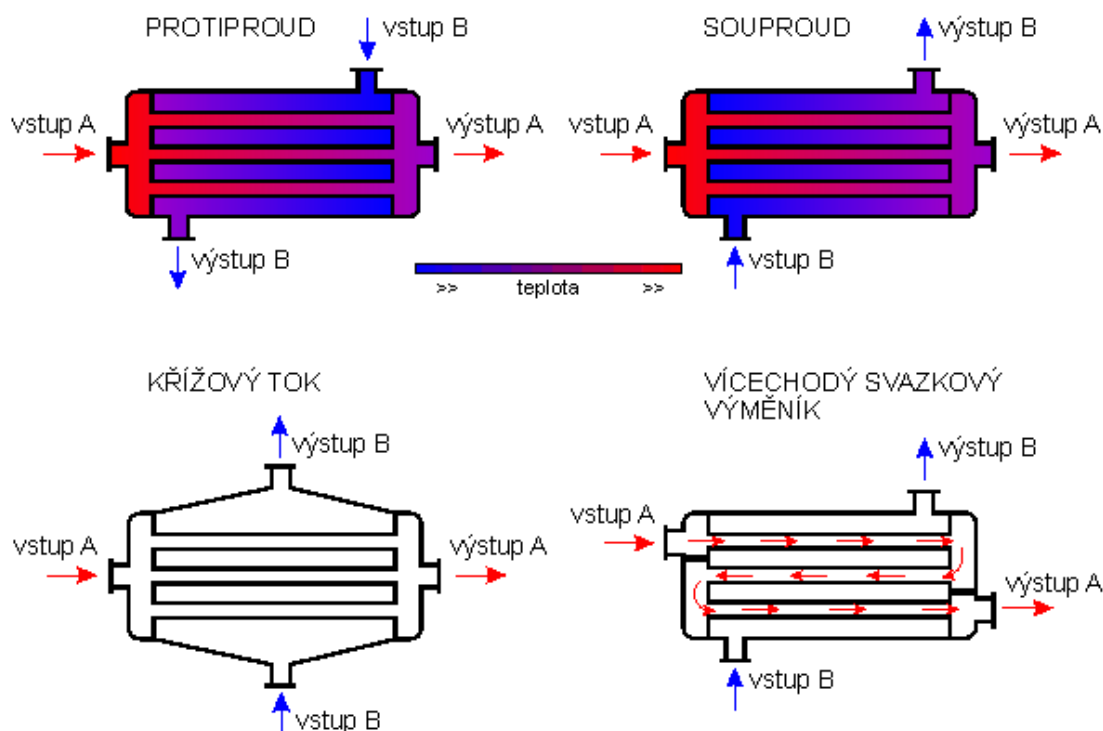
Konstrukčně nejjednodušší typ výměníku se skládá z vnitřní trubky a pláště. Jedna tekutina proudí vnitřní trubkou, druhá mezitrubkovým prostorem v plášti, teplo se sdílí skrze stěnu vnitřní trubky. Tento výměník může být provozován jako souproudý nebo protiproudý. [2]



Obrázek 1 – Výměník tepla – trubka v trubce, souproud a protiproud [2]

Svazkový výměník

Je-li v plášti umístěno více trubek, hovoříme o svazkovém výměníku tepla. Jedna tekutina je vedena v trubkách, druhá protéká mezitrubkovým prostorem. Tento výměník také může být provozován jako souproudý nebo protiproudý, umožňuje však i složitější uspořádání, například křížový tok nebo smíšené uspořádání proudů u vícechodých výměníků.[2]



Obrázek 2 – Svazkový výměník tepla [2]

Trubkový had

Obvykle spirálová trubice, již proudí chladicí (nebo ohřívací) médium, používá se často i v laboratorním měřítku např. v termostatech či zpětných chladičích.[2]

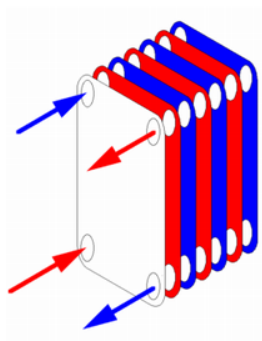


Obrázek 3 - Trubkový had [3]

Deskový výměník

V současné době asi nejběžnější typ výměníku pro malé jednotky. Odváděný vzduch je od přiváděného vzduchu oddělen tepelně vodivými deskami. Obvyklé je provedení s kolmým křížením proudů ve tvaru čtverce. Teplotní účinnost těchto výměníků je mezi 40 až 80 %.[5]

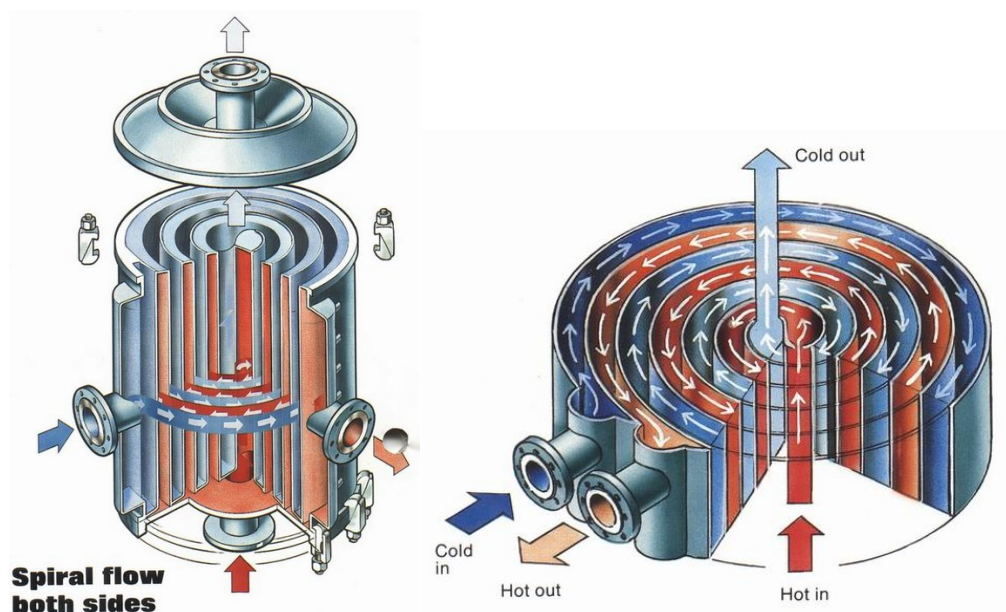
Deskové výměníky tepla jsou konstruovány tak, že toky obou tekutin se střídavě rozdělí do poměrně tenkých vrstev mezi desky tak, že vrstva teplejší tekutiny je obklopena vrstvami chladnější tekutiny a naopak. Desky bývají opatřeny prolisy, aby v proudící tekutině docházelo k intenzivnějším turbulencím, a tím k intenzivnějšímu prostupu tepla. Vyšší turbulence také snižuje usazování nečistot na deskách. Výměníky se navrhují buďto jako rozebíratelné (mezi desky je vloženo těsnění) nebo nerozebíratelné (desky jsou k sobě napevno svařeny nebo připájeny, takový výměník však nelze rozebrat, např. kvůli čištění). Výhodou deskových výměníků je velká teplosměnná plocha (vzhledem k celkovému objemu zařízení), nevýhodou složitější konstrukce (a případné problémy s usazeninami).[4]



Obrázek 4 - Složený deskový výměník tepla [1]

Spirálový výměník

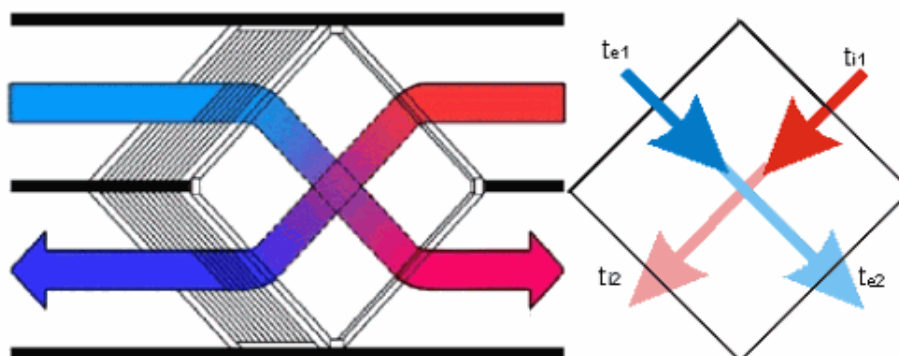
Spirálový výměník pracuje obdobně jako deskový výměník, je ale konstruován tak, aby vytvořil dva kanálky, namotány do spirály a tím je prostorově úspornější.



Obrázek 5 - Schéma spirálového výměníku tepla [6]

Rekuperátor

Rekuperace je zpětné získávání tepla. Hojně se využívá u nízkoenergetických budov. Rekuperačním výměníkem prochází vzdušniny s různými teplotami. Obě vzdušniny jsou od sebe dokonale odděleny soustavou kanálků, aby nedocházelo k mísení. Přes stěny kanálů teplo z odpadního vzduch přechází do přírodního, který je tak předehříván.[8]



Obrázek 6 - Schéma deskového výměníku s křížovým proudem [7]

2.2. Druhy toků výměníků typu trubka v trubce

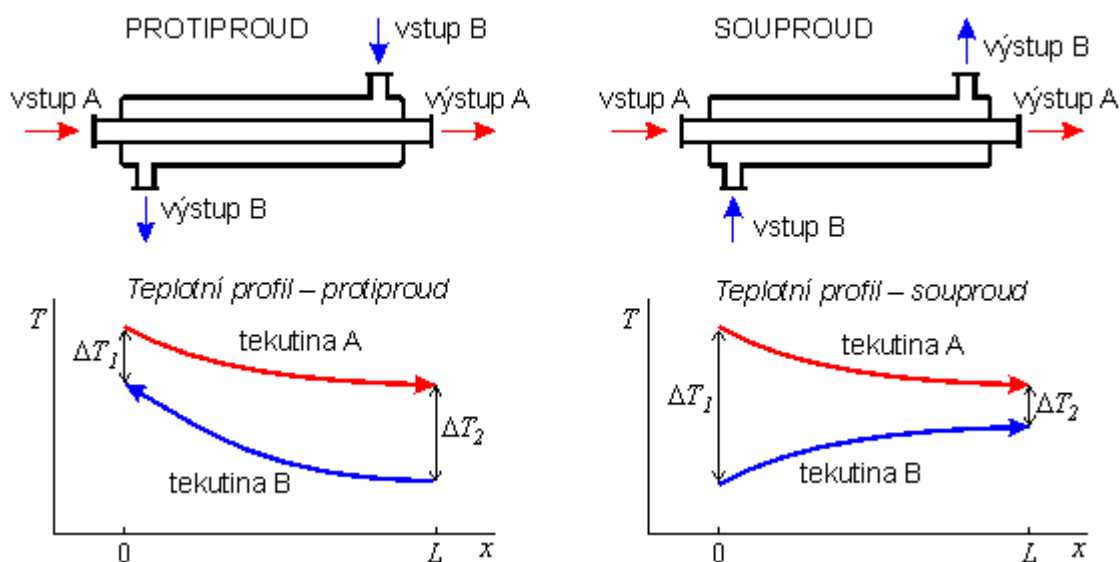
Souproud

Souproudé uspořádání se vyznačuje tím, že obě látky proudí ve stejném směru. Výstupní teplota horkého proudu je vždy vyšší než výstupní teplota studeného proudu. Na rozdíl od protiproudého toku má souproudé uspořádání velký rozdíl teplot mezi teplým a studeným proudem na vstupu do výměníku.

Protiproud

V protiproudém výměníku proudí kapaliny proti sobě, v opačném směru oproti souproudému uspořádání. Tímto uspořádáním dostaneme výhodnější vlastnosti v podobě středního logaritmického teplotního rozdílu.

VÝMĚNÍK TEPLA TRUBKA V TRUBCE – SOUPROUD A PROTIPROUD



Obrázek 7 - Znázornění souproudého a protiproudého uspořádání [2]

3. Konstrukční návrh

3.1. Upřesnění požadavků

Abychom mohli pokračovat v konstrukčním návrhu, musíme tvořit požadavkový list, který se skládá ze základních požadavků a jejich doplnění o další případné funkce.

3.2. Požadavkový list

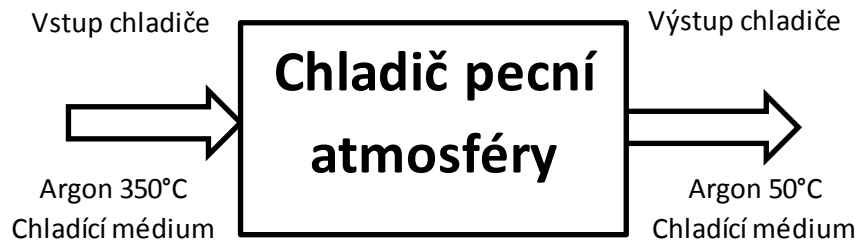
Specifikace požadavku	Podmínka	Přání
Chladicí proces		
Účinné chlazení pomocí proudícího plynu	X	
Chladicí médium - voda	X	
Regulace přítoku vody	X	
Při výtoku nesmí voda přesáhnout 35°C	X	
Maximální vstupní teplota Argonu 350°C	X	
Provoz		
Údržba - minimální	X	
Četnost použití - vysoká	X	
Životnost - co největší	X	
Vysoká účinnost	X	
Snadná demontovatelnost		X
Dobrá těsnost	X	
Jednoduchost		X
Snadná ovladatelnost		X
Rozměry		
Minimalizace zařízení		X
Dostatečná velikost průzoru		X
Přípojná zařízení		
Výstup argonu pomocí rychlospojky a hadice		X
Výstup a vstup vody pomocí rychlospojky a had.		X

Tabulka 1 - Požadavkový list [1]

3.3. Seznam funkcí

- Chladit
- Zajistit přívod a odvod chladicí vody
- Zajistit přívod a odvod argonu
- Zajistit těsnost
- Kontrola rychlosti průtoku vody
- Kontrola teploty vody
- Možnost sledování vnitřního prostoru pece pomocí průzoru

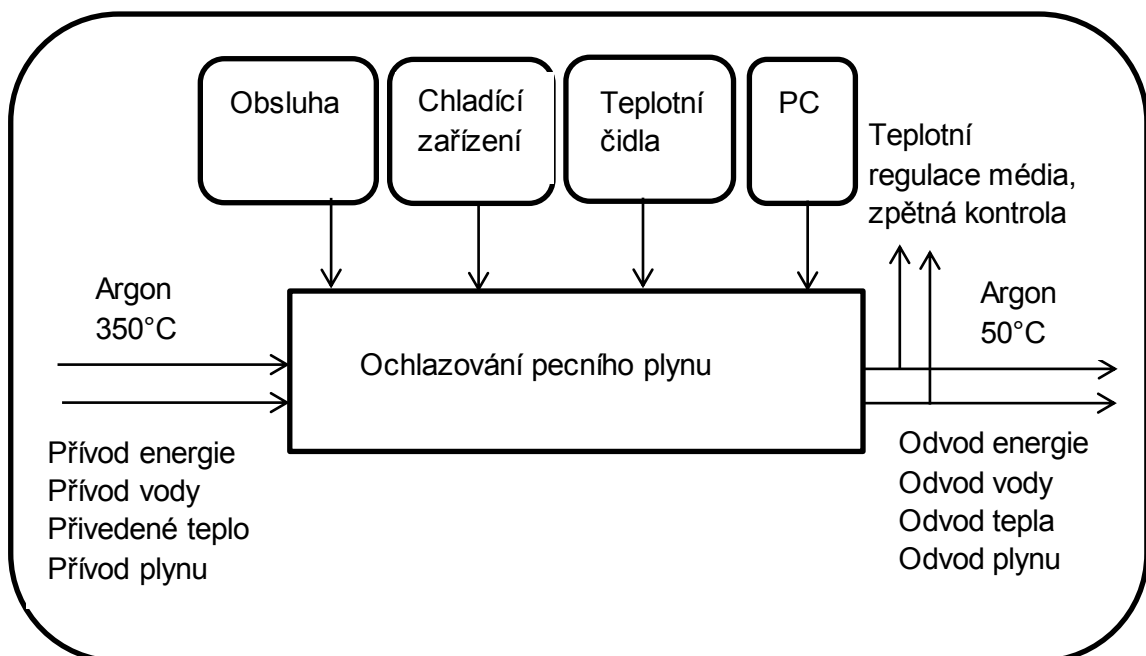
3.4. Transformační proces



Obrázek 8 - Schéma transformačního procesu [1]

3.5. Model transformačního procesu

Laboratoř VŠB TUO 2014



Obrázek 9 - Model transformačního procesu [1]

4. Funkční struktura

Ve funkční struktuře jsou uvedeny základní funkce, které musí daný technický systém splnit. [1]

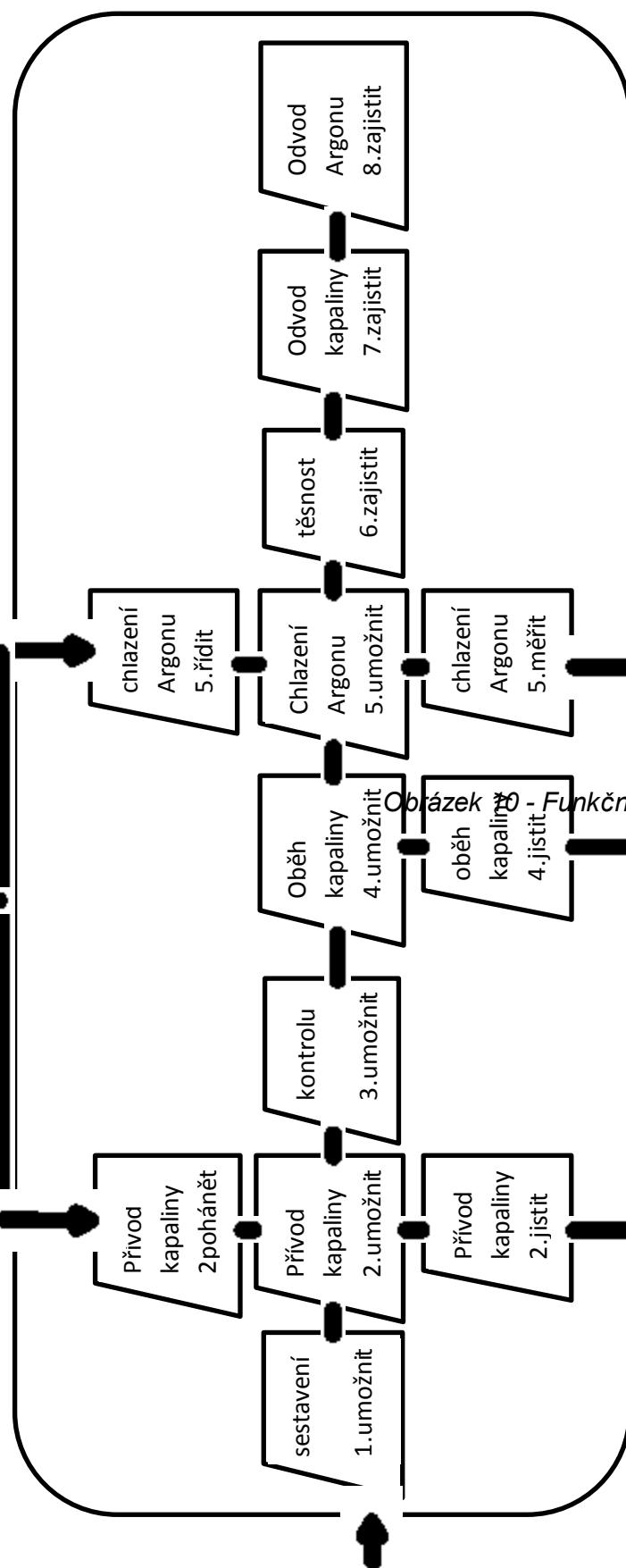
4.1. Blokové schéma

Signál od obsluhy pro řízení chladiče

Laboratoř VŠB-TUO 2014

Umožnit:
Přívod
kapaliny,
kontrolu
teploty a
rychlosti
kapaliny,

Zajistit:
těsnost,
připojení
k peci,
odvod
kapaliny,
odvod
Argonu

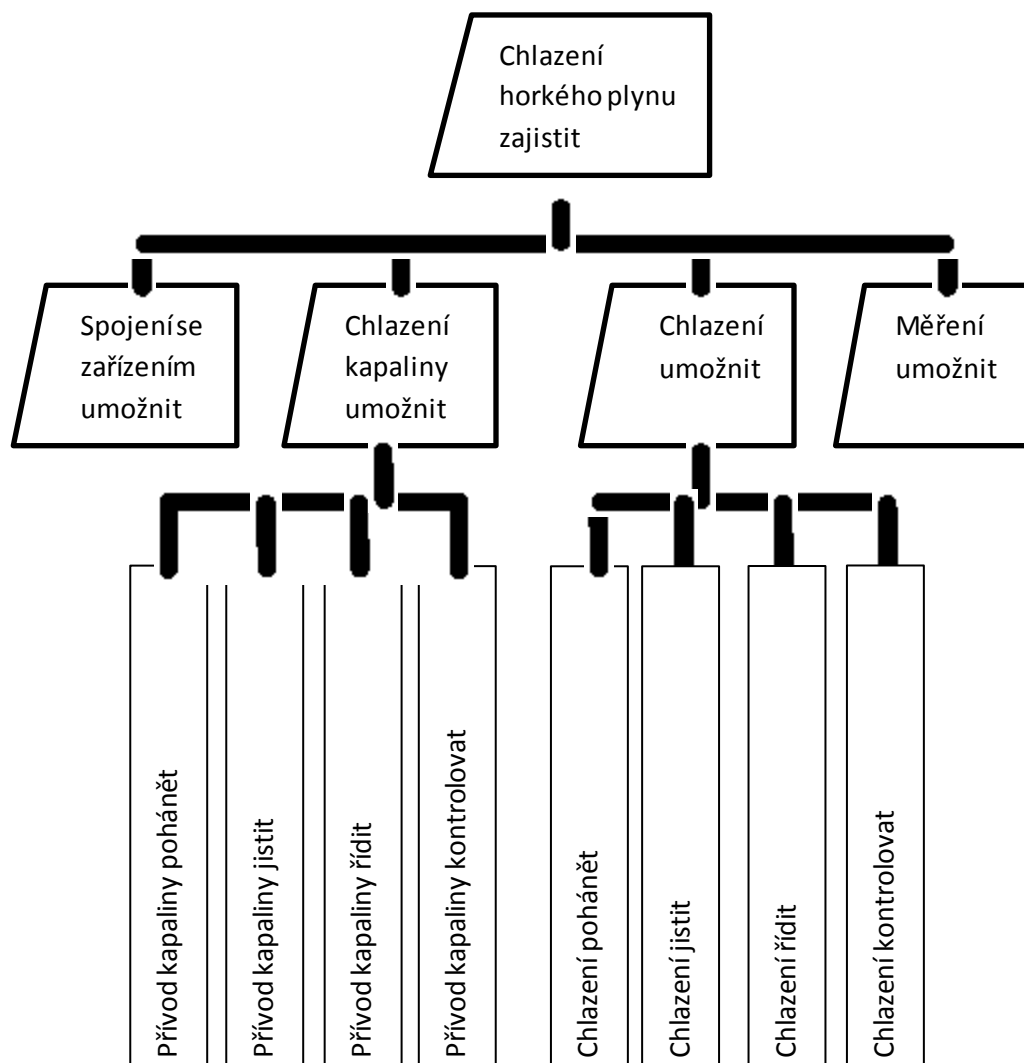


Informace o chlazení

Signál od obsluhy - jistění

Obrázek 10 - Funkční struktura – blokové schéma [1]

4.2. Hierarchický funkční strom



Obrázek 11 - Funkční struktura – hierarchický funkční strom [1]

5. Orgánová struktura

V orgánové struktuře přiřadíme jednotlivé nositele funkcí, tzn. k dílčím funkcím přiřadíme funkční principy (orgány) [1]

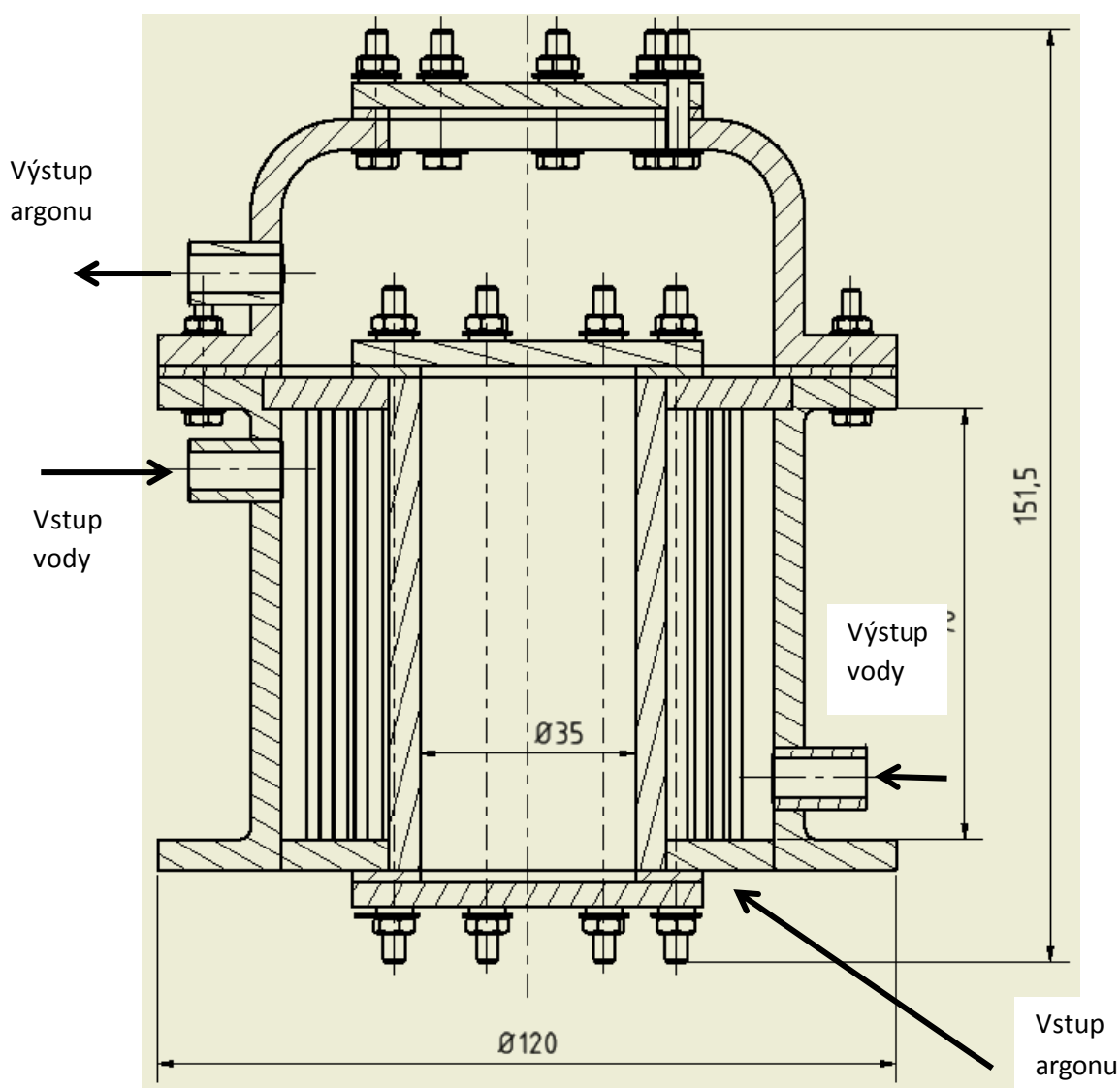
Dílčí funkce		Orgány - nositele funkcí		
		1	2	3
1	připojení chladiče k peci umožnit	svarem	šroubovým spojem	
2	proudění vody zajistit	souproudem	protiproudem	
3	chlazení umožnit	vodou	vzduchem	ethanolem
4	přívod chladicí vody umožnit	trubkou	tlakovou hadicí	
5	připojení vody umožnit	šroubením	rychlospojka	
6	přívod vody zajistit	ze zásobníku	z vodovodu	
7	utěsnění chladiče zajistit	těsnící kroužek	silikonové těsnění	
8	kontrola teploty vody měřit	bezkontaktní teploměr	digitální teploměr	topenářský teploměr
9	kontrolu průtoku vody měřit	vrtulkovým průtokoměrem	indukční průtokoměr	
10	řízení průtoku vody zajistit	ventilem	kohoutkem	
11	sestavení zajistit	rozebiratelné	nerozebiratelné	

Tabulka 2 - Morfologická matice [1]

6. Hrubá stavební struktura

Pro specifické požadavky na toto zařízení jsem zpracovával jednu hlavní variantu a to s průhledem. Varianty na, na kterých jsem pracoval, se lišily rozměrově, počtem (uspořádáním) trubek, kterými proudí argon a vnitřním uspořádáním – vložení vnitřní trubky pro zvýšení proudění chladicí vody a bez ní.

Ostatní varianty sice vyhovovaly chladicím výkonem, ale postrádaly požadovaný průhled pro kontrolu tavení. Je to např. trubka v trubce, svazkový chladič nebo svazkový spirálový typ chladiče.



Obrázek 12 - Hrubá stavební struktura

7. Výpočet

V této části se budu věnovat výpočtům, které budou vést k potřebným rozměrům chladiče, tak aby splnil předepsané požadavky na chlazení.

7.1. Zadané a zvolené veličiny

Název veličiny	značka	hodnota	jednotka
Vstupní teplota Argonu	t_{Ar1}	350	$^{\circ}\text{C}$
Výstupní teplota Argonu	t_{Ar2}	50	$^{\circ}\text{C}$
Vstupní teplota vody	t_{v1}	20	$^{\circ}\text{C}$
Výstupní teplota vody	t_{v2}	35	$^{\circ}\text{C}$
Průtok ochlazovaného plynu	V_{Ar}	32	$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$

Tabulka 3 - Zadané hodnoty

7.2. Vlastnosti termodynamických veličin

Pro námi použité materiály (voda, argon, měď) musíme zjistit jejich termodynamické vlastnosti, abychom mohli pokračovat ve výpočtech. Tyto hodnoty opíšeme z tabulek [II].

Hodnoty pro Argon			
Název veličiny	značka	hodnota	jednotka
Měrná tepelná kapacita	$C_{p\ Ar}$	523	$\text{J}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Měrná hustota	ρ_{Ar}	1,7839	$\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Součinitel tepelné vodivosti	λ_{Ar}	0,01633	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Dynamická viskozita	η_{Ar}	$20,96\cdot 10^{-6}$	$\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$
Kinematická viskozita	ν_{Ar}	$1,175\cdot 10^{-5}$	$\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$
Hodnoty pro vodu			
Název veličiny	značka	hodnota	jednotka
Měrná tepelná kapacita	$C_{p\ v}$	4176	$\text{J}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Měrná hustota	ρ_v	995	$\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Součinitel tepelné vodivosti	λ_v	0,615	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Kinematická viskozita	ν_v	$0,801\cdot 10^{-6}$	$\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$
Dynamická viskozita	η_v	$0,797\cdot 10^{-3}$	$\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$
Prantlovo číslo	Pr	5,4	-
Hodnoty pro měď			
Název veličiny	značka	hodnota	jednotka
Měrná tepelná kapacita	$C_{p\ Cu}$	380	$\text{J}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Měrná hustota	ρ_{Cu}	8930	$\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Součinitel tepelné vodivosti	λ_{Cu}	386	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Tabulka 4 - hodnoty termodynamických veličin [II]

7.3. Zvolené parametry

V následující tabulce jsou uvedeny mnou zvolené parametry. Tato tabulka byla průběžně doplňována o potřebné položky a případně upravována při změně hodnot, tak aby výsledky výpočtů co nejvíce vyhovovaly našim požadavkům.

Název	označení	hodnota	jednotka
Vnitřní průměr chladiče	d_1	80	mm
vnější průměr středové trubky chladiče	d_2	45	mm
Vnější průměr Cu trubky	d_{t1}	2	mm
Vnitřní průměr Cu trubky	d_{t2}	1,1	mm
Tloušťka stěny Cu trubky	t_t	0,45	mm
Počet Cu trubek	n	40	ks

Tabulka 5 - Zvolené parametry

7.4. Výpočet chladicího výkonu, hmotnostních toků a rychlostí

Převod jednotek

Nejprve musíme převést jednotky do námi požadovaného tvaru.

$$V_{Ar} = 32 \text{ l min}^{-1} \quad (7-1)$$

$$V_{Ar} = \frac{\frac{32}{60}}{1000}$$

$$V_{Ar} = 0,000533 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

Množství plynu za reálných podmínek

$$V_{s Ar} = \frac{V_{Ar}}{T_0} T_{Ar1} [\text{m}^3 \text{ s}^{-1}] \quad (7-2)$$

$$V_{s Ar} = \frac{0,000533}{273,15} * 623,15$$

$$V_{s Ar} = 0,001217 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

Výpočet chladicího výkonu chladiče

$$Q = m_{Ar} * c_{pAr} * (t_1 - t_2) \quad [\text{J}] \quad (7-3)$$

$$Q = 0,0009514 * 0,523 * (350 - 50)$$

$$Q = 149,3 \text{ J}$$

Výpočet množství Argonu

$$m_{Ar} = V_{Ar} * \rho_{Ar} [kg s^{-1}] \quad (7-4)$$

$$m_{Ar} = 0,000533 * 1,7839$$

$$m_{Ar} = 0,0009514 = 0,9514 * 10^{-3} kg s^{-1}$$

Potřebné množství vody

Množství vody, které je nutné dodat k uchlazení pecního plynu

$$m_v = \frac{Q}{c_{p v} * \Delta T} [kg s^{-1}] \quad (7-5)$$

$$m_v = \frac{149,3}{4,176 * (35 - 20)}$$

$$m_v = 0,002383 kg s^{-1}$$

Objemový tok vody

$$V_v = \frac{m_v}{\rho_v} [m^3 s^{-1}] \quad (7-6)$$

$$V_v = \frac{0,002383}{998}$$

$$V_v = 0,00000239 = 2,39 * 10^{-6} m^3 s^{-1}$$

Rychlost proudění Argonu

$$w_{Ar} = \frac{V_{Ar}}{S_{Ar} * n} [m s^{-1}] \quad (7-7)$$

$$w_{Ar} = \frac{0,001217}{9,5 * 10^{-7} * 40}$$

$$w_{Ar} = 32,01 m s^{-1}$$

Obsah plochy vnitřního průměru Cu trubky

Jedná se o plochu, kterou bude proudit argon

$$S_{Ar} = \frac{\pi * d_t^2}{4} [m^2] \quad (7-8)$$

$$S_{Ar} = \frac{\pi * (0,0011)^2}{4}$$

$$S_{Ar} = 9,5 * 10^{-7} m^2$$

Obsah plochy v chladiči pro vodu

Jedná se o plochu, kde bude proudit voda.

$$S_v = \frac{\pi}{4} * (d_1^2 - d_2^2 - n * d_{t1}^2) [m^2] \quad (7-9)$$

$$S_v = \frac{\pi}{4} * (0,08^2 - 0,045^2 - 40 * 0,002^2)$$

$$S_v = 3,31 * 10^{-3} m^2$$

Rychlost proudění vody

$$w_v = \frac{V_v}{S_v} [ms^{-1}] \quad (7-10)$$

$$w_v = \frac{2,39 * 10^{-6}}{3,31 * 10^{-3}}$$

$$w_v = 0,72 * 10^{-3} ms^{-1}$$

Jelikož rychlost proudění vody je příliš malá a voda by protékala podle Reynoldsova kritéria v laminární oblasti, bude průtok vody regulován. Zvolím hodnotu, a s touto budu nadále počítat, $w_v = 1,5 ms^{-1}$.

7.5. Výpočet součinitele přestupu tepla vody

Výpočet charakteristického průměru

$$d_h = \frac{4 * S_v}{O} [m] \quad (7-11)$$

$$d_h = \frac{4 * 3,31 * 10^{-3}}{0,644}$$

$$d_h = 0,0206m$$

Obvod dotykových ploch vody

Zde počítáme obvod všech dotykových ploch, které přijdou s vodou do styku. Jsou to vnitřní průměr těla chladiče

$$O_v = \pi * (d_1 + d_2 + n * d_{t1}) [m] \quad (7-12)$$

$$O_v = \pi * (0,08 + 0,045 + 40 * 0,002)$$

$$O_v = 0,644m$$

Reynoldsovo číslo vody

$$Re_v = \frac{w_v * D_h}{\nu_v} [-] \quad (7-13)$$

$$Re_v = \frac{1,5 * 0,0206}{0,801 * 10^{-6}}$$

$$Re_v = 38503,7 [-]$$

Proudění vody v chladiči se nachází v turbulentní oblasti.

Nusseltovo kritérium vody

Z rovnice (7-13) jsem zjistil, že se proudění nachází v turbulentní oblasti, musíme vybrat správnou rovnici pro výpočet Nusseltova kritéria. Vhodnou rovnici vybereme v literatuře [V]

$$Nu_v = 0,023 Re_v^{0,8} * Pr_v^{0,4} [-] \quad (7-14)$$

$$Nu_v = 0,023 * 38503,7^{0,8} * 5,4^{0,4}$$

$$Nu_v = 210,42 [-]$$

Součinitel přestupu tepla mezi vodou a trubicí

$$\alpha_v = \frac{Nu_v * \lambda_v}{D_h} [Wm^{-2}K^{-1}] \quad (7-15)$$

$$\alpha_v = \frac{210,42 * 0,615}{0,0206}$$

$$\alpha_v = 6293,88 [Wm^{-2}K^{-1}]$$

7.6. Výpočet součinitele přestupu tepla argonu

Reynoldsovo kritérium Argonu

$$Re_{Ar} = \frac{w_{Ar} * d_{t2}}{\nu_{Ar}} [-] \quad (7-16)$$

$$Re_{Ar} = \frac{32,01 * 0,0011}{1,175 * 10^{-5}}$$

$$Re_{Ar} = 2996,59 [-]$$

Proudění argonu se nachází v přechodové oblasti. Výhodnější by sice byla oblast turbulentní, ale pro naše použití je tato oblast také vyhovující.

Prantlovo kritérium

Toto kritérium určuje vlastnosti tekutin (vzdušnin).

$$Pr_{Ar} = \frac{\eta_{Ar} * Cp_{Ar}}{\lambda_{Ar}} [-] \quad (7-17)$$

$$Pr_{Ar} = \frac{20,96 * 10^{-6} * 523}{0,01633}$$

$$Pr_{Ar} = 0,67[-]$$

Nusseltovo kritérium Argonu

Přibližnou délku chladiče L zvolím a následnými výpočty dostanu skutečnou potřebnou délku. Jelikož jsem si výpočty naprogramoval do aplikace Excel z balíku MS Office, výpočty vycházely okolo 70 mm délky, Proto předběžně vložím do výpočtu L = 70 mm.

$$Nu_{Ar} = 0,116 * \left(Re_{Ar}^{2/3} - 125 \right) * Pr_{Ar}^{1/3} * \left[1 + \left(\frac{dt_2}{L} \right)^{2/3} \right] [-] \quad (7-18)$$

$$Nu_{Ar} = 0,116 * \left(2996,59^{2/3} - 125 \right) * 0,67^{1/3} * \left[1 + \left(\frac{0,0011}{70} \right)^{2/3} \right]$$

$$Nu_{Ar} = 8,943[-]$$

Součinitel přestupu tepla mezi Argonem a měďí

$$\alpha_{Ar} = \frac{Nu_{Ar} * \lambda_{Ar}}{dt_2} [W m^{-2} K^{-1}] \quad (7-19)$$

$$\alpha_{Ar} = \frac{8,943 * 0,01633}{0,0011}$$

$$\alpha_{Ar} = 132,76 [W m^{-2} K^{-1}]$$

7.7. Výpočty teplot

Výpočet střední teploty vody

$$t_{stř\ v} = \frac{t_{v1} + t_{v2}}{2} [^{\circ}C] \quad (7-20)$$

$$t_{stř\ v} = \frac{20 + 35}{2}$$

$$t_{stř\ v} = 27,5\ ^{\circ}C$$

Výpočet střední teploty Argonu

$$t_{stř\ Ar} = \frac{t_{Ar1} + t_{Ar2}}{2} [^{\circ}C] \quad (7-21)$$

$$t_{stř\ Ar} = \frac{350 + 50}{2}$$

$$t_{stř\ Ar} = 200\ ^{\circ}C$$

Rozdíl maximálních teplot na vstupu

$$\Delta t_1 = t_{1Ar} - t_{1v} [^{\circ}C] \quad (7-22)$$

$$\Delta t_1 = 350 - 35$$

$$\Delta t_1 = 315\ ^{\circ}C$$

Rozdíl minimálních teplot na výstupu

$$\Delta t_2 = t_{2Ar} - t_{2v} [^{\circ}C] \quad (7-23)$$

$$\Delta t_1 = 50 - 20$$

$$\Delta t_2 = 30\ ^{\circ}C$$

Střední logaritmický teplotní spád

$$\overline{\Delta t} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} [^{\circ}C] \quad (7-24)$$

$$\overline{\Delta t} = \frac{315 - 30}{\ln \frac{315}{30}}$$

$$\overline{\Delta t} = 121,21\ ^{\circ}C$$

7.8. Výpočet součinitele prostupu tepla

(7-25)

$$k = \frac{\pi * n}{\left(\frac{1}{d_{t2} * \alpha_{Ar}} + \frac{1}{2 * \lambda_{Cu}} * \ln \frac{d_{t1}}{d_{t2}} + \frac{1}{d_{t1} * \alpha_v} \right)} [W m^{-1} K^{-1}]$$

$$k = \frac{\pi * 40}{\left(\frac{1}{0,0011 * 132,76} + \frac{1}{2 * 386} * \ln \frac{0,002}{0,0011} + \frac{1}{0,002 * 5989,52} \right)}$$

$$k = 18,129 [W m^{-1} K^{-1}]$$

7.9. Výpočet potřebné délky chladiče

$$L = \frac{Q}{k * \Delta t} [m] \quad (7-26)$$

$$L = \frac{149,3}{18,129 * 121,21}$$

$$L = 0,068 [m]$$

$$L = 0,0678 == 0,07 [m]$$

Vypočtená délka přibližně odpovídá vhodně zvolenému odhadu a tudíž nemusíme provádět následné iterační výpočty pro korekci délky chladiče. Tyto doplňkové výpočty by jsme museli počítat pokud by byl rozdíl mezi odhadovanou délkou a výslednou délkou většího rozsahu.

8. Výpočet tlakových ztrát

Na chladiči jsem si určil kritická místa, kde dochází k náhlým změnám geometrického tvaru. V mém případě se jedná o přechod z průměru těla chladiče do měděné trubky a ji výstupu z trubky do hlavy chladiče. Navíc ještě musíme počítat s otvorem pro odchod argonu.

8.1. Výpočet ztrát třením

Určení objemu v místě A

$$V_{s\ Ar} = \frac{V_{Ar}}{T_0} T_{Ar1} [m^3 s^{-1}] \quad (8-1)$$

$$V_{s\ Ar} = \frac{0,000533}{273,15} * 623,15$$

$$V_{s\ Ar} = 0,001217 = 1,217 * 10^{-3} m^3 s^{-1}$$

Určení rychlosti v místě A

$$w_{Ar} = \frac{V_A}{S_A} [ms^{-1}] \quad (8-2)$$

$$w_{Ar} = \frac{1,217 * 10^{-3}}{5,03 * 10^{-3}}$$

$$w_{Ar} = 0,2421 ms^{-1}$$

Určení plochy v bodě A

$$S_{Ar} = \frac{\pi * d_A^2}{4} [m^2] \quad (8-3)$$

$$S_{Ar} = \frac{\pi * (0,08)^2}{4}$$

$$S_{Ar} = 5,03 * 10^{-3} m^2$$

Určení Reynoldsova kritéria

$$Re_A = \frac{w_A * d_1}{\nu_{Ar}} [-] \quad (8-4)$$

$$Re_A = \frac{0,2421 * 0,08}{1,175 * 10^{-5}}$$

$$Re_A = 1648,1 [-]$$

Relativní drsnost stěn

$$\varepsilon = \frac{k}{d_1} [-] \quad (8-5)$$

$$\varepsilon = \frac{0,01}{0,08}$$

$$\varepsilon = 0,125 [-]$$

Součinitel tření při laminárním proudění

$$\lambda = \frac{64}{Re} [-] \quad (8-6)$$

$$\lambda = \frac{64}{1648,1} [-]$$

$$\lambda = 0,0388 [-]$$

Měrná tlaková ztráta při proudění v kruhovém průřezu

$$\Delta p_t = \lambda * \frac{w_A^2}{2 * d} * \varrho [Pa * m^{-1}] \quad (8-6)$$

$$\Delta p_t = 0,0388 * \frac{0,2421^2}{2 * 0,08} * 1,7839$$

$$\Delta p_{tA} = 0,00076 [Pa * m^{-1}]$$

Určení rychlostí v ostatních kritických místech.

U ostatních kritických míst budeme postupovat stejně jako u předešlých rovnic (8-1) až (8-6). Tímto způsobem dopočítáme zbylé rychlosti.

Místo	D [m]	L [m]	S A [m2]	W [m*s-1]	Re [-]	ε [-]	λ [-]	Δp_t [Pa/m]
A	0,08	0,03	0,005027	0,2421	1648,122	0,125	0,039	7,60E-06
B	0,001	0,08	7,85E-07	38,73	3296,25	10	1,35	1447,2
C	0,08	0,03	0,005027	0,0061	41,2	0,125	1,55	1,90E-07
D	0,01	0,01	7,85E-05	15,5	13185	1	0,77	1,647
Ztráty celkem v Pascalech								1448,847

Tabulka 6 – Tabulka tlakových ztrát

8.2. Výpočet místních ztrát

$$\Delta p_{zmAB} = \zeta * \frac{w^2 * \rho}{2} [Pa] \quad (8-7)$$

$$\Delta p_{zmAB} = 0,25 * \frac{0,2421^2 * 1,7839}{2}$$

$$\Delta p_{zmAB} = 0,012844 [Pa]$$

Podle vzorce (8-7) postupujeme dále.

Tabulka místních ztrát			
	rychlost	ksí	pzm
AB	0,2421	0,25	0,0128
CD	38,73	0,5	667,93
EF	0,061	0,25	0,00083
celkové ztráty místními odpory			667,9436

Tabulka 7 – Místní ztráty

8.3. Celkové ztráty

Sečtením ztrát třením a ztrát místních dostaneme celkové ztráty

$$\Delta p_z = \Delta p_{zm} + \Delta p_{zt} [Pa] \quad (8-8)$$

$$\Delta p_z = 667,94 + 1448,85$$

$$\Delta p_z = 2116,79 [Pa]$$

9. Úplná stavební struktura

9.1. Popis jednotlivých komponentů

Trubice výměníku

Použité trubky byly zvoleny z mědi, kvůli dobrým tepelným vlastnostem. Abychom měli vhodné podmínky pro proudění argonu, zvolil jsem trubku s vnějším průměrem 2mm a vnitřním průměrem 1,1 mm.

Trubkovice

Do trubkovice se vkládají chladicí trubky. Trubky se k trubkovici přivaří a tím se zajistí těsnost. Abychom mohli použít svařování, bude vyrobena z mědi. Uprostřed trubkovice bude otvor který bude sloužit k nahlížení do pece.

Přepážky

Pomocí těchto dílů docílíme toho, že chladicí kapalina bude proudit po celém objemu chladiče a tím zvýšíme účinnost.

Tyč se závitem

Tato tyč bude sloužit k sešroubování trubkovice, těsnění a skla.

Hlava chladiče

Hlava chladiče bude sloužit jako zakončení chladicího zařízení ve kterém bude průhled a bude zde umístěn výstup argonu.

Tělo chladiče

Je to největší díl. Do něj bude vložena trubkovice s trubkami, přepážkami a tyčemi s závitem. Bude obsahovat dva otvory pro přívod a odvod chladicí kapaliny.

Vnitřní trubka

Tento díl slouží k zmenšení prostoru pro cirkulaci chladicí kapaliny. Při vynechání tohoto dílu, vzhledem na funkci chladiče, by se nic závažného nestalo. Jediný rozdíl je v tom, že by jsme museli zvýšit průtok chladicí kapaliny a tím by jsme kompenzovali nadbytečný oběh.

Těsnění mezi přírubami

Těsnění je umístěno mezi přírubami těla chladiče a hlavy chladiče a mezi napojovacím dílem a tělem chladiče. Musíme zvolit vhodný materiál, abychom zajistili požadavek těsnosti zařízení.

Těsnění pod sklem

Další těsnění je umístěno mezi trubkovicí a sklem a mezi hlavou chladiče a sklem.

9.2. Technická specifikace

Zařízení je konstruováno na chlazení technického plynu argonu. Chladič je připevněn na pec pomocí příruby, která je na peci připevněna. Pomocí rozebíratelného šroubového spoje jednoduše připevníme chladič na pec.

V chladiči je na trubkovicí navařeno 40 měděných trubek, ve kterých prochází horký plyn argon. Po vnějším obvodu jsou tyto trubice ochlazovány vodou. Voda je přiváděna a odváděna pomocí rychlospojek, pro jednoduchou obsluhu. Rychlospojkou je také zařízení odvod argonu.

Technické parametry chladiče		
název	hodnota	jednotka
Délka zařízení	152	mm
Největší průměr zařízení	120	mm
Teplota argonu na vstupu	350	°C
Teplota argonu na výstupu	50	°C
Teplota vody na vstupu	20	°C
Teplota vody na výstupu	35	°C

Tabulka 8 - Technické parametry chladiče

10. Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala návrhem víceúčelovým chladičem argonu tak, aby vyhovoval všem vzneseným požadavkům a přáním. Nejdůležitější požadavek byl dostatečný chladicí výkon a dále možnost sledování tavicího procesu. To vše podmíněno minimalizací rozměrů.

Podle metodiky konstruování jsem si ujasnil požadavky na zařízení a vybral vhodnou kombinaci dílčích provedení. Následně byl proveden výpočet termodynamických vlastností, z kterého jsem zjistil potřebné parametry prostupu tepla a následně potřebnou velikost chladicího zařízení.

Samotný konstrukční návrh jsem provedl v programu Autodesk Inventor 2014. V této části jsem se snažil vhodně tvarovat a umístit jednotlivé díly aby co nejlépe mohly fungovat, a aby toto zařízení bylo vyrobitelné – smontovatelné.

Během tvorby této bakalářské práce jsem se dostal do problematiky sdílení tepla, i když je tento speciální předmět zařazen až do navazujícího studia, nicméně to bylo velmi poučné a vyhledávání potřebných informací bylo, dle mého názoru, velmi zajímavé a motivující k dalšímu zkoumání.

11. Seznam použité Literatura

Knihy a časopisy

[I] HUBKA, V. *Konstrukční nauka: Obecný model postupu při konstruování*. Zürich: Heurista, 1995. 118 s. ISBN 80-90 1135-0-8.

[II] RATNJEVIĆ, K. *Termodynamické tabulky*. Vydání první. Bratislava: Alfa 1984 MDT 536./083.5/

[III] KADLEC, Z. – Termomechanika: Návod do cvičení. Vydání druhé. Ostrava: Editační středisko VŠB-TUO, 2008 ISBN 978-80-248-1736

[IV] LEINVEBER, J VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*, Vydání první. Alba 2003. ISBN 80-8649-74-2

[V] HASAL P. SCHREIBER I, ŠNITA D ,et al. *Chemické inženýrství I* [online] Verze 2007 [vid. 2014-02-18]. Dostupné z WWW: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-978-80-7080-002-7/pages-img/. ISBN 978-80-7080-002-7

[VI]. NOGA, Z. *Odborná pomoc a vedení práce*.

[VII]. MECHANIKA TEKUTIN. První. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné z: <http://www.338.vsb.cz/PDF/Drabkova-Mechanikatekutin.pdf>

Internetové zdroje

[1] Wikipedie – Výměníky tepla [online]. [vid. 2013-10-18] Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%BD_v%C3%BDm%C4%9Bn%C3%ADk

[2] Ústav chemického inženýrství – Výměníky tepla [online] [vid. 2013-10-29] Dostupné z WWW: <http://www.vscht.cz/uchi/echi/vt/index.html>

[3] DIZ Bohemia – Speciální trubkové hady [online] [vid. 2014-3-15] Dostupné z WWW: http://www.dizbohemia.cz/chemical04_cz.html

[4] Ústav chemického inženýrství – Deskové výměníky tepla [online] [vid. 2013-10-29] Dostupné z WWW: <http://www.vscht.cz/uchi/echi/vt/deskove.html>

[5] Nalezeno.cz – Větrání, rekuperace a další možnosti. [online] [vid. 2013-11-12] Dostupné z WWW: http://www.nazeleno.cz/stavba/okna-a-dvere/chap_271/vetrani-rekuperace-a-dalsi-moznosti-stavime-energeticky-usporny-dum-4-dil.aspx

[6] ČVUT FS – Základy stavby procesních zařízení. [online] [vid. 2013-11-12] Dostupné z WWW: <http://users.fs.cvut.cz/pavel.hoffman/PREDMETY/ZSVZ/zsvz.htm>

[7] Elmet – Pasivní rekuperace. [online] [vid. 2013-1-10] Dostupné z WWW: <http://zdravydum.elmet.cz/pasivni-rekuperace.html>

[8] Altea – Co je to rekuperace. [online] [vid. 2013-12-10] Dostupné z WWW: <http://www.atrea.cz/cz/co-je-to-rekuperace>

12. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Výměník tepla – trubka v trubce, souproud a protiproud [2]	13
Obrázek 2 – Svazkový výměník tepla [2]	13
Obrázek 3 - Trubkový had [3]	14
Obrázek 4 - Složený deskový výměník tepla [1]	14
Obrázek 5 - Schéma spirálového výměníku tepla [6]	15
Obrázek 6 - Schéma deskového výměníku s křížovým proudem [7]	15
Obrázek 7 - Znázornění souproudého a protiproudého uspořádání [2]	16
Obrázek 8 - Schéma transformačního procesu [I]	18
Obrázek 9 - Model transformačního procesu [I]	18
Obrázek 10 - Funkční struktura – blokové schéma [I]	19
Obrázek 11 - Funkční struktura – hierarchický funkční strom [I]	20
Obrázek 12 - Hrubá stavební struktura	22

13. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Požadavkový list [I]	17
Tabulka 2 - Morfologická matice [I]	21
Tabulka 3 - Zadané hodnoty	23
Tabulka 4 - hodnoty termodynamických veličin [II]	23
Tabulka 5 - Zvolené parametry	24
Tabulka 6 – Tabulka tlakových ztrát	32
Tabulka 7 – Místní ztráty	33
Tabulka 8 - Technické parametry chladiče	35

14. Seznam příloh

Příloha A – Rychlospojka s vnějším závitem G

Příloha B – Hadice na vodu

Příloha C – Hadice na technické plyny

Příloha D – Evge metrické TN 126

Příloha E – EPDM pryž

Příloha F – Měděné potrubí

Příloha G – CD (výkresová dokumentace, 3D model, výpočty)

15. Seznam příloh výkresové dokumentace

SB3KVS-BER0057-BP-01

SB3KVS-BER0057-BP-02

SB3KVS-BER0057-BP-03

SB3KVS-BER0057-BP-04

SB3KVS-BER0057-BP-05

SB3KVS-BER0057-BP-06

SB3KVS-BER0057-BP-07

SB3KVS-BER0057-BP-08

SB3KVS-BER0057-BP-09

SB3KVS-BER0057-BP-010

SB3KVS-BER0057-BP-011

SB3KVS-BER0057-BP-012

SB3KVS-BER0057-BP-013

SB3KVS-BER0057-BP-014

SB3KVS-BER0057-BP-015

SB3KVS-BER0057-BP-016

Přílohy

Příloha A

Rychlospojka s vnějším závitem G

Výrobce:	Lüdecke
Pracovní teplota [°C]:	-20°C až +100°C
Použití produktu:	Rychlospojky
Médium:	Stlačený vzduch
Norma výrobku:	ISO 228
Materiál těsnění:	Perbunan
Materiál:	mosaz
Maximální průtok:	560 L/min.

Dodací kódy pro STANDARD MINI AG - Rychlospojka s vnějším závitem G

Objednací kód	Druhý objednací kód	Šířka (mm)	DN [mm]	Hmotnost [Kg/mj]	Provozní tlak [bar]	Vnější závit (palce)	Balení / MJ	MJ	Cena bez DPH / MJ	Skl.
ESM14A	30069014	38	5	0,03	35	G1/4	10	ks	86,10 Kč	
ESM18A	30069018	37	5	0,03	35	G1/8	10	ks	80,90 Kč	
ESM38A	30069038	38	5	0,04	35	G3/8	10	ks	108,20 Kč	
ESM121A	30069121		5	0,04	35	M 12 x 1,5	10	ks	118,70 Kč	
ESM141A	30069141		5	0,04	35	M 12 x 1,5	10	ks	118,70 Kč	

<http://www.gms.cz/cz/vyrobek/30069-standard-mini-ag>

Příloha B

Hadice na vodu

-doprava průmyslové vody

-duše: černá, hladká, SBR

-výztuž: syntetická příze

-obal: oranžový, červený nebo černý, pozitivní rýhování, SBR/NR

-pracovní teplota: -30 °C/+70 °C

Dříve dle PN 21/531-97 nebo ČSN 635331.

Tabulka variant a rozměrů výrobku

OBJ. KÓD	PRŮMĚR (MM)	PRACOVNÍ TLAK (BAR)	PORUCHOVÝ TLAK (BAR)	POLOMĚR OHYBU (R.MIN.-MM)	HMOTNOST (KG/MJ)	BALENÍ (INFO)	JEDNOTKA (M.J.)	CENA (KČ)*	SKLADEM	
									CZ	SK
0021010	10/17	6,3	20	170	0,213	50	m	38,00	✓	✗
0021013	13/20	6,3	20	200	0,272	50	m	39,00	✓	✗
0021016	16/23	6,3	20	230	0,319	50	m	41,00	✓	✓
0021020	20/28	6,3	20	280	0,457	50	m	54,00	✓	✓
0021025	25/34	6,3	20	340	0,601	50	m	74,00	✓	✓

<http://www.gumex.cz/iw6-hadice-na-vodu-13738.html>

Příloha C

Hadice na technické plyny

Tlakové pryžové hadice - na vzduch, CO₂, argon, dusík EN-559

KONSTRUKCE:

- vnitřní vrstva: gumová, černá, EPDM/SBR
- vnější vrstva: gumová, černá, EPDM/SBR, hladká nebo rýhovaná
- výztuž: nítěný ovin
- pracovní teplota: od -25°C do +70°C

Vnitřní průměr (mm)	Pracovní tlak (MPa)	Poruchový tlak (MPa)
4	2.0	6.0
5	2.0	6.0
6.3	2.0	6.0
8	2.0	6.0
9.5	2.0	6.0
10	2.0	6.0
12.5	2.0	6.0
16	2.0	6.0

http://www.hydapress.cz/hadice_ostatni/tlakove_pryzove_hadice_na_vzduch_co2_argon_dusik_en_559

Příloha D

Evge – Metrické TN 126 A-M

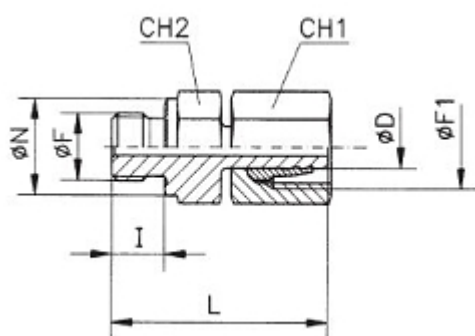
EVGE - Metrické TN 126 A-M

Přímé hrdlo s těsněním na hranu. Typ B DIN 3852.

Závit do tělesa : Metrický válcový

Závit v otočné matici : Metrický; těsnící konus 24°

Povrchová úprava : pozink



Kat. číslo	řada	PN - max. tlak/bar	rozměr L	F závit do tělesa	rozměr CH2	F1 závit	N /mm	CH1	D /mm	I /mm	Cena	Cena s DPH
TN 126 A - 6LM	6	315	32,5	M10x1	14	M12x1,5	14	14	6	8	64 Kč	77 Kč
TN 126 A - 8LM	L	315	38,5	M12x1,5	17	M14x1,5	17	17	8	12	54 Kč	65 Kč
TN 126 A - 10LM	L	315	39,5	M14x1,5	19	M16x1,5	19	19	10	12	51,50 Kč	62 Kč
TN 126 A - 12LM	L	315	42,5	M16x1,5	22	M18x1,5	21	22	12	12	62 Kč	75 Kč
TN 126 A - 15LM	L	315	42,5	M16x1,5	22	M18x1,5	21	22	12	12	79,50 Kč	96 Kč
TN 126 A - 18LM	L	315	45,5	M22x1,5	27	M26x1,5	27	32	18	14	92,50 Kč	112 Kč
TN 126 A - 22LM	L	160	48,5	M26x1,5	32	M30x2	31	36	22	16	155 Kč	187,50 Kč
TN 126 A - 28LM	L	160	53	M33x2	41	M36x2	39	41	28	18	231,50 Kč	280 Kč
TN 126 A - 35LM	L	160	62,5	M42x2	50	M45x2	49	50	35	20	124,50 Kč	150,50 Kč
TN 126 A - 42LM	L	160	68,5	M48x2	55	M52x2	55	60	42	22	124,50 Kč	150,50 Kč
TN 126 A - 6SM	S	630	39	M12x1,5	17	M14x1,5	17	17	6	12	48,50 Kč	59 Kč
TN 126 A - 8SM	S	630	41,5	M14x1,5	19	M16x1,5	19	19	8	12	51,50 Kč	62 Kč
TN 126 A - 10SM	S	630	44	M16x1,5	22	M18x1,5	21	22	10	12	82,50 Kč	100 Kč
TN 126 A - 12SM	S	630	46	M18x1,5	24	M20x1,5	23	24	12	12	79,50 Kč	96 Kč
TN 126 A - 14SM	S	630	50,5	M20x1,5	27	M22x1,5	25	27	14	14	154,50 Kč	187 Kč

<http://www.hydraulickeprvky.cz/sroubeni/evge-pripojnahrdlasmatici/evge-metricketn126a-m//>

Příloha E

EPDM pryž

Základní vlastnosti :

-pryž s vynikající odolností vůči teplotám, povětrnostním vlivům a UV záření, kyselinám

-značka: TOVO GOMMA

-elastomer: EPDM

-šíře role: 1500 mm

-odolnost vůči ozónu: velmi dobrá odolnost

-odolnost vůči povětrnostním vlivům: velmi dobrá odolnost

-odolnost vůči olejům: není odolná

-odolnost vůči benzínu: není odolná

-odolnost vůči kyselinám: odolná (nutno vždy specifikovat koncentraci media v % a teplotu)























-silné zásady: odolná (nutno vždy specifikovat koncentraci media v % a teplotu)

-odolnost vůči oděru: méně vhodná

-barva: černá

Na zakázku je možno vyrobit tvrdost 50 °Sh a 70 °Sh

Tabulka variant a rozměrů výrobku

OBJ. KÓD	SÍLA (MM)	TVRDOT (*SHA)	PEVNOST (N/MM)	TAŽNOST (%)	TEPLOTNÍ ROZSAH (°C)	HMOTNOST (KG/M2)	ŠÍŘKA (MM)	BALENÍ (M2-INFO)	JEDNOTKA (M.J.)	CENA (KČ)*	SKLADEM CZ SK	MNOŽSTVÍ DO KOŠÍKU (M.J.)
2519010	1	60	12	450	-25/+120	1,1	1500	15	m2	285,00	 	<input type="text" value="15"/>
2519015	1,5	60	12	450	-25/+120	1,7	1500	15	m2	383,00	 	<input type="text" value="15"/>
2519020	2	60	12	450	-25/+120	2,2	1500	15	m2	453,00	 	<input type="text" value="15"/>
2519025	2,5	60	12	450	-25/+120	2,8	1500	15	m2	540,00	 	<input type="text" value="15"/>
2519030	3	60	12	450	-25/+120	3,3	1500	15	m2	649,00	 	<input type="text" value="1"/>
2519037	3	70	15	450	-25/+120	3,8	1500	15	m2	723,00	 	<input type="text" value="1"/>
2519040	4	60	12	450	-25/+120	4,4	1500	15	m2	867,00	 	<input type="text" value="15"/>
2519050	5	60	12	450	-25/+120	5,5	1500	15	m2	1 084,00	 	<input type="text" value="15"/>
2519060	6	60	12	450	-25/+120	6,6	1500	15	m2	1 301,00	 	<input type="text" value="15"/>
2519080	8	60	12	450	-25/+120	8,8	1500	15	m2	1 733,00	 	<input type="text" value="15"/>
2519100	10	60	12	450	-25/+120	11	1500	15	m2	2 168,00	 	<input type="text" value="15"/>

<http://www.gumex.cz/pryz-epdm-4444-30388.html#>

Příloha F

Měděné potrubí

Měděná trubka průměr 1 mm, tl.stěny 0,3 mm,
délka 305 mm, 4 ks.

Měděná trubka průměr 2 mm, tl.stěny 0,45 mm,
délka 305 mm, 4 ks.

Měděná trubka průměr 3 mm, tl.stěny 0,45 mm,
délka 305 mm, 4 ks.

Měděná trubka průměr 4 mm, tl.stěny 0,45 mm,
délka 305 mm, 3 ks.

Měděná trubka průměr 5 mm, tl.stěny 0,45 mm, délka 305 mm, 2 ks.

<http://www.eshop.vlakymodely.cz/e-shop/216-doplňky-a-drobnosti/225-profily/232-med>